



(19)

(11) Publication number:

02254405 A

Generated Document.

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 01077590

(51) Intl. Cl.: G02B 26/02

(22) Application date: 28.03.89

(30) Priority:

(43) Date of application  
publication: 15.10.90(84) Designated  
contracting states:

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72) Inventor: ATSUTA YASUSHI  
NISHII KANJI

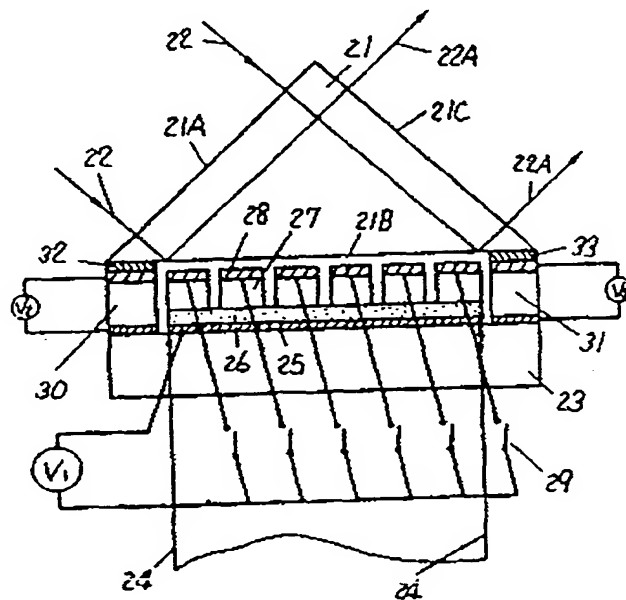
(74) Representative:

(54) SPACE OPTICAL  
MODULATOR

## (57) Abstract:

**PURPOSE:** To eliminate scattering, etc., of light by providing a total reflection attenuating means for attenuating a total reflection in the reflecting surface by an energy absorption from an evanescent wave, and a total reflection attenuation control means for varying two-dimensionally the attenuation quantity of the total reflection.

**CONSTITUTION:** A light beam 22 to be modulated is brought to total reflection by the reflecting surface 21B and from an evanescent wave which oozes out to the opposite side, energy is absorbed partially and the total reflection is attenuated, and a spacial distribution of an amplitude variation is given to the reflected light beam 22 to be modulated. Also, between a transparent electrode 25 and all counter electrodes 28, a prescribed voltage is applied in advance, and a control light beam 24 is brought to image information on a photoconductive body layer 26. On the photoconductive body layer 26, an electric conductivity distribution is formed in accordance with an intensity distribution of the image formation, by which strength of a voltage applied to each of piezoelectric elements 27 is determined, a distribution of a mechanical displacement is generated, and it becomes a position variation of the counter electrode 28. The counter electrode 28 is used as a total reflection attenuating means, as well, the surface of the counter electrode 28 is worked to the same plane, and set roughly by spacers 32, 33, and a fine adjustment is executed by applying a voltage to piezoelectric



⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-254405

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)10月15日

G 02 B 26/02

A

8106-2H

審査請求 未請求 請求項の数 30 (全19頁)

⑮ 発明の名称 空間光変調器

⑯ 特 願 平1-77590

⑰ 出 願 平1(1989)3月28日

⑱ 発 明 者 熱 田 裕 史 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
⑲ 発 明 者 西 井 完 治 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内  
⑳ 出 願 人 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地  
㉑ 代 理 人 弁理士 栗野 重孝 外1名

明 細 書

1、発明の名称

空間光変調器

2、特許請求の範囲

(1) 被変調光が入射および出射し、光学定数の制御されない均質な媒体と、前記媒体の界面にて被変調光を全反射させる反射面と、前記反射面における全反射を、エバネッセント波からのエネルギー吸収により減衰させる全反射減衰手段と、前記全反射の減衰量を2次元的に変化させる全反射減衰制御手段を設けた空間光変調器。

(2) 被変調光が入射および出射し、光学定数の制御されない均質な媒体と、前記媒体の界面にて被変調光を全反射させる反射面と、前記反射面における全反射を、エバネッセント波からのエネルギー吸収により予め形成した特定分布でのみ減衰させる全反射減衰手段を設けた空間光変調器。

(3) 請求1項または2において、全反射減衰手段は反射面の反対側に表面プラズモンを発生させる金属膜、または金属体からなることを特徴とする空間光変調器。

る空間光変調器。

(4) 請求項1または2において、全反射減衰手段は反射面の反対側にエバネッセント波から被変調光を透過する光透過体からなることを特徴とする空間光変調器。

(5) 請求項1において、全反射減衰手段は連続的もしくは離散的に設け、全反射減衰制御手段は連続的もしくは離散的に配設したことを特徴とする空間光変調器。

(6) 請求項1または2において、全反射減衰制御手段は全反射減衰量を反射面全体にわたって一括して変化させることを特徴とする空間光変調器。

(7) 請求項1において、全反射減衰制御手段は印加電圧により設定可変な電界強度によって全反射減衰量を変化させることを特徴とする空間光変調器。

(8) 請求項1において、全反射減衰制御手段は反射面の反対方向から照射する制御光の強度に応じて全反射減衰量を変化させることを特徴とする空間光変調器。

(9) 請求項7または8において、全反射減衰制御手段は所定の電圧が印加され制御光を入射させ透明電極と、前記制御光の強度に応じて導電率を変化させる光導伝体を備えることを特徴とする空間光変調器。

(10) 請求項7において、全反射減衰制御手段は電気信号により電界強度の2次元分布を設定可能な離散電極を備えることを特徴とする空間光変調器。

(11) 請求項1または8において、全反射減衰制御手段は、機械的変位を発生させて全反射減衰手段と全反射面との距離を変える変位発生手段を備えることを特徴とする空間光変調器。

(12) 請求項11において、全反射減衰制御手段は変位発生手段を挟んで配設した電極を有し、前記電極の一方は反射面の反対側において、表面ポラリトンを発生させる全反射減衰手段としたことを特徴とする空間光変調器。

(13) 請求項7、11または12において、変位発生手段は縦効果型の圧電材料を特徴とする空

間の強度増加に伴い全反射減衰量を減少させるものであり、前記制御光と同傾向のアナログ的強度分布を有する被変調光を発生させることを特徴とする空間光変調器。

(18) 請求項8において、全反射減衰制御手段は、アナログ的強度分布をした制御光を入射させ、その強度増加に伴い全反射減衰量を増加させるものであり、前記制御光と反転イメージのアナログ的強度分布の被変調光を発生させることを特徴とする空間光変調器。

(20) 請求項8において、全反射減衰制御手段は、制御光の強度増加が所定値までは全反射減衰量の減少を抑え、前記所定値を越えると全反射減衰量を急激に減少させ一定値に飽和させるものであり、前記制御光を2値化した強度分布の被変調光を発生させることを特徴とする空間光変調器。

(21) 請求項8において、全反射減衰制御手段は、制御光の強度増加が所定値までは全反射減衰量の増加を抑え、前記所定値を越えると全反射減衰量を急激に増加させ一定値に飽和させるもので

間光変調器。

(14) 請求項1において、全反射減衰制御手段は全反射減衰の面積を連続的に変化させることを特徴とする空間光変調器。

(15) 請求項7、11、12または14において、変位発生手段に静電力によってたわませる可撓膜を設けたことを特徴とする空間光変調器。

(16) 請求項7において、全反射減衰制御手段は、電界によって屈折率を変化させる電気光学材料と、前記電気光学材料を挟んで配設した電極を有し、前記電極の一方は反射面の反対側において、表面ポラリトンを発生させるものであることを特徴とする空間光変調器。

(17) 請求項1または2において、均質な媒体は、異なる方向から複数の被変調光が入射および出射する複数の入射面と出射面を有する $n$ 角錐プリズム( $n$ は4以上の偶数)、もしくはその一部分からなることを特徴とする空間光変調器。

(18) 請求項8において、全反射減衰制御手段アナログ的強度分布をした制御光を入射させ、そ

あり、前記制御光を2値化反転した強度分布の被変調光を発生させることを特徴とする空間光変調器。

(22) 請求項8において、全反射減衰制御手段は、0,1に符号化されたデジタル的強度分布の制御光を入射させ、その強度が0のとき全反射減衰量をほぼ最小とし、前記強度が1から0の間で前記全反射減衰量を増加させ、前記強度が1のとき前記全反射減衰量をほぼ最大にするものであり、を設け、前記制御光の論理的否定に対応するデジタル的強度分布の被変調光を発生させることを特徴とする空間光変調器。

(23) 請求項8において、全反射減衰制御手段は、0,1に符号化されたデジタル的強度分布の制御光を複数( $n$ )入射させ、その強度和が0から $n-1$ のとき全反射減衰量をほぼ最大としてその減少を抑え、前記強度和が $n-1$ から $n$ の間で前記全反射減衰量を減少させ、前記強度和が $n$ のとき前記全反射減衰量をほぼ最小にするものであり、前記制御光の論理積に対応するデジタル的

強度分布の被変調光を発生させることを特徴とする空間光変調器。

(24) 請求項8において、全反射減衰制御手段は、0.1に符号化されたディジタル的強度分布の制御光を複数(n)入射させ、その強度和が0からn-1のとき全反射減衰量をほぼ最小としてその増加を抑え、前記強度和がn-1からnの間で前記全反射減衰量を増加させ、前記強度和がnのとき前記全反射減衰量をほぼ最大にするものであり、前記制御光の否定的論理積に対応するディジタル的強度分布の被変調光を発生させることを特徴とする空間光変調器。

(25) 請求項8において、全反射減衰制御手段は、0.1に符号化されたディジタル的強度分布の制御光を複数(n)入射させ、その強度和が0のとき全反射減衰量をほぼ最大としてその減少を抑え、前記強度和が0から1の間で前記全反射減衰量を減少させ、前記強度和が1からnのとき前記全反射減衰量をほぼ最小にするものであり、前記制御光の論理和に対応するディジタル的強度分布

間光変調器。

(28) 請求項8において、制御光強度に対する全反射減衰量の増減方向と増減閾値とを電気的に変更可能な全反射減衰制御手段を設け、前記変更によって機能切り換えを行うことを特徴とする空間光変調器。

(29) 請求項8において、全反射減衰制御手段にヒステリシス特性を有する変位発生手段を設け、その非線形性により、制御光の強度増加に対する全反射減衰量の変化の抑制、および/または全反射減衰量の飽和を設定したことを特徴とする空間光変調器。

(30) 請求項8において、全反射減衰制御手段に飽和特性を有する光導伝体を設け、その飽和特性によって制御光の強度増加に対する全反射減衰量の飽和を設定したことを特徴とする空間光変調器。

### 3、発明の詳細な説明

#### 産業上の利用分野

本発明は、光情報処理、光通信、光応用計測な

の被変調光を発生させることを特徴とする空間光変調器。

(26) 請求項8において、全反射減衰制御手段は、0.1に符号化されたディジタル的強度分布の制御光を複数(n)入射させ、その強度和が0のとき全反射減衰量をほぼ最小としてその増加を抑え、前記強度和が0から1の間で前記全反射減衰量を増加させ、前記強度和が1からnのとき前記全反射減衰量をほぼ最大にするものであり、前記制御光の否定的論理和に対応するディジタル的強度分布の被変調光を発生させることを特徴とする空間光変調器。

(27) 請求項8において、前記全反射減衰制御手段は、制御光の強度増加に伴い全反射減衰量を減少させるものであり、反射面から出射した被変調光を出力光と帰還光に振幅分割するビームスプリッタと、前記帰還光を前記全反射減衰制御手段に導いて照射させる導光手段を設け、前記制御光を取り去った後にその強度分布に対応する強度分布を前記出力光に発生させることを特徴とする空

間に用いられる空間光変調器に関する。

#### 従来の技術

2次元情報を2次元のまま処理する並列光情報処理において、空間光変調器が使用される。第15図は従来の空間光変調器の一例を示す模式側面図である。同図において、1は入力画像であり、2はそれを照らす照明光源、3は結像レンズであり、入力画像2は、ガラス基板4と透明電極5を経て光導伝体層6上に結像される。7は結像光8を遮断するフィルタ、9は液晶、10は透明電極、11はガラス基板であり、透明電極5、10には電圧が印加される。光導伝体層6には入力画像1の強度分布に応じた導電率分布が形成され、それによって液晶9に電位分布が印加され、電界効果、動的散乱効果などの電気光学効果の分布を誘起する。12は被変調光となるコヒーレント光であり、ダイクロイックミラー13によって反射され、液晶を透過して電気光学効果により2次元的変調を受けて、出射する。

このように従来の空間光変調器は、変調の空間

分布を施す材料として液晶や電気光学結晶が用いられ、屈折率（複屈折性）の空間分布が作られる。これに偏光子と検光子を組み合わせ、光の強度分布に変換するなどして使用される。何れも印加電圧の空間分布を作る必要があり、その方法として離散分布型と連続分布型がある。離散分布型は透明電極をマトリックス状に離散的に配設して行う方法であり、連続分布型は光導伝体層や電気光学結晶を連続的に設け、光で書き込んで行う方法である。また、被変調光の光路によって、透過型と反射型がある。透過型は光が液晶や電気光学結晶を通り抜けて変調される方法であり、反射型は光が一旦液晶や電気光学結晶を通り抜け、誘電体ミラーによって反射され、再び液晶や電気光学結晶を通して入射側に出てきて変調される方法である。

発明が解決しようとする課題

これら従来の空間光変調器においては、変調される光、すなわち被変調光が液晶や電気光学結晶の内部に一旦入り、偏光作用を受けて出てくる。これは透過型だけでなく、従来の反射型でも同様

させることにより、波面を乱すことなく偏光作用も介さず直接的に2次元の強度分布となる変調を与えることができ、しかも種々の変調機能、論理演算機能を有する空間光変調器を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

本発明の技術的手段は、被変調光が入射および出射し、光学定数の制御されない均質な媒体と、前記媒体の界面にて被変調光を全反射させる反射面と、前記反射面における全反射を、エバネッセント波からのエネルギー吸収により減衰させる全反射減衰手段と、前記全反射の減衰量を2次元に変化させる全反射減衰制御手段を設けることを特徴とする。

作用

本発明は、光学ガラスのような均質な媒体の界面において被変調光を全反射させ、全反射面の反対側に滲み出るエバネッセント波からの部分的エネルギー吸収により全反射を減衰させ、反射する被変調光に2次元の強度分布を与える。被変調光

である。液晶や電気光学結晶には複屈折性の空間分布が作られ、屈折率は微視的には複雑に分布するため、均質で一樣な光の透過媒体ではない。離散分布型であれば、マトリックス状に配設された透明電極も透過しなければならず、均質性はさらに損なわれる。

また当然、液晶や電気光学結晶は原理的に有限な厚みを必要とするが、このような均質でない媒体に被変調光を透過させることにより、偏光作用を得る反面、それに伴って光の波面が乱される。つまり、散乱、スペckルノイズ、あるいは収差の乱れといった悪影響も同時に被変調光が被ることになる。このことが被変調光のSN比や光の利用効率の低下、分解能の低下といった問題を生じていた。さらに従来の空間光変調器は、その変調原理から機能的柔軟性に乏しく、例えば空間光変調器単体で種々の論理演算機能を実現するといった多機能化を図ることも困難であった。

本発明はこのような点に鑑みて、複屈折性が無く屈折率の一樣な均質媒体だけに被変調光を透過

は、偏光作用を介さず直接的に振幅変化の空間分布を与えられ、均質な媒体だけを透過するため、屈折率の作用で波面を乱されることはない。従って従来の空間光変調器で液晶や電気光学結晶に被変調光が入り込むことによって生じていた、光の散乱、スペckルノイズ、あるいは収差の乱れといった悪影響は無くせる。また反射率の高い全反射現象を利用するため光の利用効率を高くでき、併せて表面プラズモンなどの作用により大きな全反射減衰状態が可能であり、高い振幅変調度を得られSN比の良好な空間光変調器を実現できる。

また、前記手段を組み合わせることでよりアナログ的強度分布の制御光をもとに振幅変調、面積階調変調、離散分布変調、連続分布変調、反転変調、2値化変調など種々の変調機能を可能とする。

さらに、デジタル的強度分布の制御光をもとに否定、論理積、否定的論理積、論理和、否定的論理和の並列演算を行う論理回路、あるいは双安定機能を有する光メモリーとしての動作も可能とする。

また、制御光強度に対する全反射減衰量の増減量、増減方向、増減閾値を電気的に設定可能にすることもでき、種々の機能切り換えの可能な多機能空間光変調器をも実現できる。

#### 実施例

以下、本発明の空間光変調器における実施例を図面にもとづいて説明する。

第1図は本発明の空間光変調器の第1の実施例の模式側面図であり、離散的に配設した全反射減衰手段と、反射面の反対方向から照射する制御光の強度に応じて全反射減衰量を変化させる、離散的に配設した全反射減衰制御手段などを設ける。そして波面を乱すことなく偏光作用も介さず直接的に2次元強度分布となる変調を与え、しかも種々の変調機能、論理演算機能を有する空間光変調器を実現するものである。同図において、21は光学ガラスにて作られるプリズムであり、被変調光22の入射面21A、それを全反射させる反射面21B、および出射面21Cを有する。被変調光22はレーザー光源などによって作られるコヒー

レントな平行光束とし、ここではTM波（横方向磁界波）とする。23は光学ガラスにて作られるガラス基板であり、制御光24を入射させる。制御光24は、入力画像などによって作られる2次元強度分布を有するインコヒーレントな光束とするが、コヒーレントな光束でもかまわない。ガラス基板23には、透明電極25、光導伝体層26、離散的に配列された縦効果型の圧電素子27、および圧電素子27の各々には対向電極28を設ける。対向電極28の表面は反射面21Bと近接して対向させ、透明電極25と対向電極28の間には電源V<sub>1</sub>にて所定の電圧を印加する。この対向電極28への電圧は、スイッチング手段29により個別の印加も可能とする。また30、31も縦効果型の圧電素子であり、反射面21Bの周囲に設け、電源V<sub>2</sub>、V<sub>3</sub>によって各々電圧を印加、制御可能とする。32、33はスペーサとなる所定の厚みの膜であり、反射面21Bと対向電極28との間の基準ギャップ厚みを設定する。そしてプリズム21とガラス基板23とは、このスペーサ32、3

3と圧電素子30、31を設ける周辺部分にて連結される。

このような構成の第1の実施例において、反射面21Bにて被変調光22を全反射させ、反対側に透み出るエバネッセント波からエネルギーを部分的に吸収することにより全反射を減衰させ、反射する被変調光22に振幅変化の空間分布を与えることを行う。

まず、そこで利用する基本的な物理現象について説明しておく。第2図は全反射におけるエバネッセント波からのエネルギー吸収による反射率変化（反射光強度変化）の例を示す特性図である。同図において、横軸に示すギャップ厚みとは、反射面の反対側に接近させたエネルギー吸収手段つまり全反射減衰手段と反射面との距離であり、P点がギャップの無い接触状態である。

特性にはFTR曲線とATR曲線で示されるように2種類ある。FTR曲線の特性はFrustrated Total Reflectionと呼ばれ、反射面の反対側から透過物質をS点から接近させた際に、全反射状態がこわされ次第に透過光が発生し始め、P点の透過状態に移行する物理現象である。またATR曲線の特性はAttenuated Total Reflectionと呼ばれ、反射面の反対側から銀、銅、アルミなどの金属物質をS点から接近させた際に、表面ポラリトンの励起によるエネルギー吸収によって反射光が次第に減衰して極小値Q点に達し、再び全反射状態に移行する物理現象である。表面ポラリトンとは、電磁波と表面分極波（表面プラズモン、表面励起子、表面マグノンなど）が結合した素励起であり、表面プラズモン、あるいは表面プラズモンポラリトンと呼ばれることもある。

FTR曲線では反射光の一部が透過光に換わるとみなせるが、ATR曲線では反射光が減衰しているだけで透過光は無い。どちらの特性（反射率とギャップ厚みの関係）も、光の波長、偏光方向、入射角、プリズムやギャップの屈折率、吸収手段の材質（誘電率、屈折率）などによって詳細が決められる。特にATR曲線はそれらの構成によっ

て決まる。

て種々の設定が可能であるが、Q点のギャップ厚み寸法は大体1~2 $\mu$ m程度になる。本発明ではこれらFTR曲線やATR曲線に関係する特定のパラメータを変化させ、反射光のエネルギーを部分的に吸収することにより、被変調光に2次元的強度分布を与えることを行う。

再び第1図に戻って、第1の実施例の説明を続ける。透明電極25と全ての対向電極28との間に一定の電圧を印加しておき、制御光24を光導伝体層26上に結像させる。光導伝体層26には結像の強度分布に応じて導電率分布が形成され、それによって圧電素子27の各々に加わる電圧、従って電界強度が決められ、機械的変位の分布を発生させ、それを対向電極28の位置変化とする。対向電極28は銀や銅で形成する全反射減衰手段でもあり、反射面218とのギャップ厚みを予め第2図のATR曲線横軸のQ点に設定しておく。このときのギャップ厚みの設定は、対向電極28の表面を同一平面に加工しスペース32、33でお

き  
調整

よそ設定し、圧電素子30、31に電圧を印加  
少させる全反射減衰制御手段を設け、制御光と同傾向のアナログ的強度分布を有する被変調光を得ることが可能となる。また制御光の強度増加に伴い全反射減衰量を増加させる全反射減衰制御手段を設け、制御光と反転イメージのアナログ的強度分布の被変調光を得ることが可能となる。

また本実施例では第1図において、制御光24の強度分布に依らず、スイッチング素子29にて圧電素子27各々の印加電圧を制御し、電気信号により2次元的な振幅変調を行うことができる。第1図では圧電素子27各々には同一の電圧が加わる図としているが、各々異なる電圧に制御して印加されるような回路としてもよく、またこれは圧電素子27各々の特性ばらつきの補正手段として用いることもできる。また周囲に設けた圧電素子30、31は、ギャップ厚みの微調整だけでなく、圧電素子27によって2次元的分布を与えられた被変調光22を、さらに一括して振幅変調をかけるといった使い方もできる。

さらに本実施例は、0、1に符号化された強度

として微調整を行う。制御光24による圧電素子27の動作範囲が第2図のQR間もしくはQP間の範囲の動きに対応するよう、ゲインを設定しておくことにより、制御光24の強度に応じて全反射の減衰量が変わる。つまり制御光24の強度分布に応じて、対向電極28は第2図Q点からR点またはP点に向かって離散的に移動し、2次元的に振幅変調された被変調光22の出射光22Aを作り出すことができる。また、ギャップ厚みを予め第2図のR点もしくはP点に設定しておき、対向電極28をQ点に向かって移動させた場合には、制御光24の強度分布を反転させた振幅変調を行うことができる。また第2図のFTR曲線のQP間を利用して類似の変調を行うこともできる。その場合、対向電極25自身またはその上に着色フィルタなどの光を透過し吸収させる手段を全反射減衰手段として施し、P点からQ点に向かって、あるいはQ点からP点に向かって動作させる。このようにして、アナログ的強度分布をした制御光を入射させ、その強度増加に伴い全反射減衰量を減

分布を有する光学的2次元デジタル情報を並列で論理演算する種々の論理回路として動作させることもできる。第3図(a)は2値化回路と否定回路、第3図(b)は論理積回路、否定的論理積回路、論理和回路、否定論理和回路の動作説明に用いる空間光変調器の模式側面図であり、第1図をさらに簡略化して描いてある。第1図のプリズム21とガラス基板23に挟まれる部分を、第3図では一括して制御層34として示す。第3図において、入力光X、Yは制御層34に対して制御光として作用させ、出力光Zは反射によって得られる被変調光である。出力光Zの入射光は強度が2次元的に一定の光を用い、その値を1とする。また、入力光Xの強度増加により出力光強度を増加させて変調する方法を順方向制御と呼び、入力光Xの強度増加により出力光強度を減少させて変調する方法を逆方向制御と呼ぶことにする。

また第4図はここでの論理回路に使用する、圧電素子27(第1図)の変位-電界特性のヒステリシス曲線を示す図であり、同曲線は圧電材料や

構成によって設定でき、電界の履歴と方向、電界値によって変位すなわちギャップ厚みが決まる。本実施例ではギャップ厚みの初期値、制御方向、印加電圧を所定の関係に設定して、一つの構成で種々の論理演算機能をもつ空間変調器として動作させることができ、次に回路機能別に説明する。

#### (2値化回路)

第3図(a)にて入力光Xの強度を出力光Zに2値化する回路である。第2図において、ギャップ厚みの初期値をQ<sub>1</sub>点としてR<sub>1</sub>点(変位の飽和点とする)まで順方向制御を行う。そのため第4図におけるH点を出発点として、I、J点を経て飽和するまで、入力光Xの強度増加に応じた負の電界が加わるよう、予め電源V<sub>1</sub>(第1図)にて印加電圧の極性を設定しておく。印加電圧の値はI点に対応する入力光Xの値が0.5となるよう、またJ点に対応する入力光Xの値が1となるよう設定しておく。さらにギャップ厚みの初期値がQ<sub>1</sub>点となるよう、電源V<sub>2</sub>、V<sub>3</sub>(第1図)にて印加電圧を設定しておく。このような状態から入力光X

入力光X	0~0.5	0.5~1~
出力光Z	0	1

このようにして、制御光の強度増加が所定値までは全反射減衰量の減少を抑え、前記所定値を超えると全反射減衰量を急激に減少させ一定値に飽和させる全反射減衰制御手段を設け、制御光を2値化した強度分布の被変調光を得ることができる。

#### (否定回路)

第3図(a)にて強度的に2値化された入力光Xの否定(NOT)を出力光Zに得る回路であり、第2図においてギャップ厚みの初期値をR<sub>1</sub>点として、Q<sub>1</sub>点まで逆方向制御を行う。Q<sub>1</sub>点は変位の飽和点とする。そのため第4図におけるK点を出発点として、入力光Xの強度増加に応じた正の電界が加わるよう、予め電源V<sub>1</sub>(第1図)にて印加電圧を設定しておく。印加電圧の値はL点に対応する入力光Xの値が0.5となるよう、またM点に対応す

の強度が0から増えるに従い、光導伝体層26(第1図)の導電率が上がり、圧電素子26には負の電界が加わって収縮し始め、ギャップ厚みが次第に増大する。しかしその量は、第4図のヒステリシス曲線によって最初は少なく、I点を過ぎてから急激に増大し、J点を過ぎて飽和する。従って第2図のATR曲線ではQ<sub>1</sub>点を出発してR<sub>1</sub>点に到達する動作となり、第5図(a)のような入力光Xと出力光Zとの強度の関係が得られる。第5図(a)において、H、I、J点は第4図のそれに対応する。出力光Zの強度は入力光X=0.5まではほとんど0であるが、この閾値を超えるとほぼ1が得られ、X=1以上では安定した1が得られる。閾値を設定するIJ間は、第4図のヒステリシス曲線および第2図のATR曲線において、できるだけ急峻に立つ形の特性設定をすればよい。入力光Xと出力光Zの関係を下記に示す。

る入力光Xの値が1となるよう設定しておく。さらにギャップ厚みの初期値がR<sub>1</sub>点となるよう、電源V<sub>2</sub>、V<sub>3</sub>(第1図)にて印加電圧の極性を設定しておく。このような状態から入力光Xの強度が増えるに従い、光導伝体層26(第1図)の導電率が上がり、圧電素子26には正の電界が加わって伸長し始め、ギャップ厚みが次第に減少する。しかしその量は第4図のヒステリシス曲線によって最初は少なく、L点を過ぎてから急激に増大し、M点を過ぎて飽和する。従って第2図のATR曲線では、R<sub>1</sub>点を出発してQ<sub>1</sub>点に到達する動作となり、第5図(b)のような入力光Xと出力光Zとの強度の関係が得られる。第5図(b)において、K、L、M点は第4図のそれに対応する。出力光Zの強度は入力光X=0.5までは1であるが、X=1に近づくにつれて0が得られ、否定の関係となる。閾値を設定するLM間は、第4図のヒステリシス曲線および第2図のATR曲線において、できるだけ急峻な形の特性設定をすれば、否定的2値化回路としても機能させられる。入力光Xと出力光Zの関



係を下記に示す。

入力光 X	0	1
出力光 Z	1	0

このようにして、0、1に符号化されたデジタル的強度分布の制御光を入射させ、その強度が0のとき全反射減衰量をほぼ最小とし、強度が1から0の間で全反射減衰量を増加させ、強度が1のとき全反射減衰量をほぼ最大にする全反射減衰制御手段を設け、制御光の論理的否定に対応するデジタル的強度分布の被変調光を得ることができる。また、制御光の強度増加が所定値までは全反射減衰量の増加を抑え、所定値を超えると全反射減衰量を急激に増加させ一定値に飽和させる全反射減衰制御手段を設けると、制御光を2値化反転した強度分布の被変調光を得ることができる。

〔論理積回路〕

第3図(b)にて強度的に2値化された入力光X

度の関係が得られる。第5図(c)において、H、I、J点は第4図に対応する。出力光Zの強度は入力光 $X+Y=1$ まではほとんど0であるが、 $X+Y=2$ に近づくにつれて1が得られ、すなわち論理積の関係となる。

入力光 X	0	0	1	1
入力光 Y	0	1	0	1
出力光 Z	0	0	0	1

このようにして、0、1に符号化されたデジタル的強度分布の制御光を複数(n)入射させ、その強度和が0から $n-1$ のとき全反射減衰量をほぼ最大としてその減少を抑え、強度和が $n-1$ からnの間で全反射減衰量を減少させ、強度和がnのとき全反射減衰量をほぼ最小にする全反射減衰制御手段を設け、制御光の論理積に対応するデジタル的強度分布の被変調光を得ることができる。

〔否定的論理積回路〕

とYの論理積(AND)を出力光Zに得る回路であり、第2図においてギャップ厚みの初期値をQ<sub>1</sub>点としてR<sub>1</sub>点まで順方向制御を行う。R<sub>1</sub>点は変位の飽和点とする。そのため第4図におけるH点を出発点として、入力光X、Yの強度和の増加に応じた負の電界が加わるように予め電源V<sub>1</sub>、(第1図)にて印加電圧の極性を設定しておく。印加電圧の値はI点に対応する入力光 $X+Y$ の値が1となるよう、またJ点に対応する入力光Xの値が2となるよう設定しておく。さらにギャップ厚みの初期値がQ<sub>1</sub>点となるように電源V<sub>2</sub>、V<sub>3</sub>、(第1図)にて印加電圧を設定する。このような状態から入力光 $X+Y$ が0から増えるに従い、光導伝体層26(第1図)の導電率が上がり、圧電素子26には負の電界が加わって収縮し始め、ギャップ厚みが次第に増大する。しかしその量は第4図のヒステリシス曲線によって最初は少なくI点を過ぎてから増大し、J点を過ぎて飽和する。従って第2図のATR曲線ではQ<sub>1</sub>点を出発してR<sub>1</sub>点に到達する動作となり、第5図(c)のような入力光 $X+Y$ と出力光Zとの強

第3図(b)にて強度的に2値化された入力光XとYの否定的論理積(NAND)を出力光Zに得る回路であり、第2図においてギャップ厚みの初期値をR<sub>1</sub>点として、Q<sub>1</sub>点(変位の飽和点とする)まで逆方向制御を行う。そのため第4図におけるK点を出発点として、入力光X、Yの強度和の増加に応じた正の電界が加わるよう、予め電源V<sub>1</sub>、(第1図)にて印加電圧の極性を設定しておく。印加電圧の値は、L点に対応する入力光 $X+Y$ の値が1となるよう、またM点に対応する入力光Xの値が2となるよう設定しておく。さらにギャップ厚みの初期値がR<sub>1</sub>点となるように電源V<sub>2</sub>、V<sub>3</sub>、(第1図)にて印加電圧を設定しておく。このような状態から入力光 $X+Y$ が0から増えるに従い、光導伝体層26(第1図)の導電率が上がり、圧電素子26には正の電界が加わって伸長し始め、ギャップ厚みが次第に減少する。しかしその量は第4図のヒステリシス曲線によって最初は少なく、L点を過ぎてから増大し、M点を過ぎて飽和する。従って第2図のATR曲線ではR<sub>1</sub>点を出発してQ<sub>1</sub>点に

到達する動作となり、第5図(d)のような入力光 $X+Y$ と出力光 $Z$ との強度の関係が得られる。第5図(d)において、 $K, L, M$ 点は第4図に対応する。出力光 $Z$ の強度は入力光 $X+Y=1$ まではほとんど1であるが、 $X+Y=2$ に近づくにつれて0が得られ、すなわち否定的論理積の関係となる。

入力光 X	0	0	1	1
入力光 Y	0	1	0	1
出力光 Z	1	1	1	0

このようにして、0,1に符号化されたデジタル的強度分布の制御光を複数( $n$ )入射させ、その強度和が0から $n-1$ のとき全反射減衰量をほぼ最小としてその増加を抑え、強度和が $n-1$ から $n$ の間で全反射減衰量を増加させ、強度和が $n$ のとき全反射減衰量をほぼ最大にする全反射減衰制御手段を設け、制御光の否定的論理積に対応するデジタル的強度分布の被変調光を得ることが

量は、第4図のヒステリシス曲線によって最初は少なく、I点を過ぎてから増大し、J点を過ぎて飽和する。従って第2図のATR曲線では $Q_1$ 点を出発して $R_1$ 点に到達する動作となり、第5図(e)のような入力光 $X+Y$ と出力光 $Z$ との強度の関係が得られる。

第5図(e)において、 $H, I, J$ 点は第4図のそれに対応する。出力光 $Z$ の強度は入力光 $X+Y=0.5$ まではほとんど0であるが、 $X+Y=1$ に近づくにつれて1が得られ、すなわち論理和の関係となる。

入力光 X	0	0	1	1
入力光 Y	0	1	0	1
出力光 Z	0	1	1	1

このようにして、0,1に符号化されたデジタル的強度分布の制御光を複数( $n$ )入射させ、その強度和が0のとき全反射減衰量をほぼ最大とし

できる。

#### (論理和回路)

第3図(b)にて強度的に2値化された入力光 $X$ と $Y$ の論理和(OR)を出力光 $Z$ に得る回路であり、第2図においてギャップ厚みの初期値を $Q_1$ 点として、 $R_1$ 点(変位の飽和点とする)まで順方向制御を行う。

そのため第4図におけるH点を出発点として、入力光 $X, Y$ の強度和の増加に応じた負の電界が加わるように、予め電源 $V_1$ (第1図)にて印加電圧の極性を設定しておく。印加電圧の値は、I点に対応する入力光 $X+Y$ の値が0.5となるように、またJ点に対応する入力光 $X$ の値が1となるように設定しておく。さらに、ギャップ厚みの初期値が $Q_1$ 点となるよう、電源 $V_2, V_3$ (第1図)にて印加電圧を設定しておく。

このような状態から入力光 $X+Y$ が0から増えるに従い、光導伝体層28(第1図)の導電率が上がり、圧電素子28には負の電界が加わって収縮し始めギャップ厚みが増大する。しかし、その

減少を抑え、強度和が0から1の間で全反射減衰量を減少させ、強度和が1から $n$ のとき全反射減衰量をほぼ最小にする全反射減衰制御手段を設け、制御光の論理和に対応するデジタル的強度分布の被変調光を得ることができる。

#### (否定的論理和回路)

第3図(b)にて強度的に2値化された入力光 $X$ と $Y$ の否定的論理和(NAND)を出力光 $Z$ に得る回路であり、第2図においてギャップ厚みの初期値を $R_1$ 点として、 $Q_1$ 点まで逆方向制御を行う。 $Q_1$ 点は変位の飽和点とする。そのため第4図におけるK点を出発点として、入力光 $X, Y$ の強度和の増加に応じた正の電界が加わるよう、予め電源 $V_1$ (第1図)にて印加電圧の極性を設定しておく。印加電圧の値は、I点に対応する入力光 $X+Y$ の値が0.5となるよう、またM点に対応する入力光 $X$ の値が1となるよう設定しておく。さらにギャップ厚みの初期値が $R_1$ 点となるよう、電源 $V_2, V_3$ (第1図)にて印加電圧を設定しておく。

このような状態から入力光 $X+Y$ が0から増え

るに従い、光導伝体層28(第1図)の導電率が上がり、圧電素子28には正の電界が加わって伸長し始めギャップ厚みが減少する。しかしその量は、第4図のヒステリシス曲線によって最初は少なく、L点に達してから急激に増大し、M点以降で飽和する。従って第2図のATR曲線ではR<sub>1</sub>点を出発してQ<sub>1</sub>点に到達する動作となり、第5図(f)のような入力光X+Yと出力光Zとの強度の関係が得られる。

第5図(f)において、K、L、M点は第4図のそれに対応する。出力光Zの強度は入力光X+Y=0.5まではほとんど1であるが、X+Y=1に近づくにつれて0が得られ、すなわち否定的論理積の関係となる。

入力光X	0	0	1	1
入力光Y	0	1	0	1
出力光Z	1	0	0	0

位の飽和特性は必ずしも必要ない。しかし、逆方向制御においては、ATR曲線では全反射減衰領域に限られるため、変位の飽和特性が必要である。

なお、本実施例では圧電素子の変位の飽和特性を利用したが、光導伝体層の導電率の飽和特性を用いても実現できる。もちろん印加電圧値による変位の制限を行ってもよい。FTR曲線ではギャップ厚みが無くなれば、自ずと変位が規制されるため飽和特性は必ずしも必要ない。またATR曲線では全反射減衰領域に限られるため、順方向制御における動作の出発点Q点付近において、入力光に対する不感手段が必要である。本実施例では出発点をQ点からQ<sub>1</sub>点にずらすと共に、圧電素子の非線形特性を用いたが、光導伝体層に非線形特性、つまり入力光が少ないとき導電率変化も少なくなるような特性を与えてもよい。

また、入力光側から予めバイアス光を照射し、その光量を可変するなどして、順方向制御、逆方向制御における動作の出発点(第4図のI、K点)を移動させ、回路特性を所望に設定、変化させる

このようにして、0、1に符号化されたディジタル的強度分布の制御光を複数(n)入射させ、その強度和が0のとき全反射減衰量をほぼ最小としてその増加を抑え、強度和が0から1の間で全反射減衰量を増加させ、強度和が1からnのとき全反射減衰量をほぼ最大にする全反射減衰制手段を設け、制御光の否定的論理和に対応するディジタル的強度分布の被変調光を得ることができる。

以上のように本実施例では、第2図ATR曲線のQR側領域を利用して、種々の論理回路として動作させることができる。なお出力光Zの入射光は説明では一様光としたが、これにアナログ的あるいはディジタル的強度分布を与えておき、入力光X、Yの論理演算によって形成した反射率分布との並列乗算や論理積演算を行うといった使い方もできる。また第2図では、ATR曲線のPQ側領域あるいは同図FTR曲線を利用してもよく、それらを混用してもよい。なお、ATR曲線、FTR曲線とも順方向制御においては、動作の到達点以降において反射率が最大値に飽和するため変

こともできる。

第8図(a)は第1の実施例において、制御光35、36の入射側にもプリズム37を用いた側面図であり、制御層38は後記する他の実施例でもかまわない。第8図(b)のように入射面と出射面を複数有するn角錐プリズム39を被変調光側、あるいは制御光側に設けることもできる。迷光を生じなくするためnは4以上の偶数とするとよい。本発明の空間光変調器は反射型であるため、強度の異なる被変調光(出力光)40を異なる方向から複数入射させて、同時に同じ変調をかけるという使い方ができる。制御光(入力光)35、36についても、バイアス光を異なる方向から入射させるとか、2本以上の異なる複数光束で変調をかけるという使い方もできる。このように角錐プリズムを使用することで、より3次元回路的な光路構成が可能となる。

第7図は第1の実施例において、被変調光42を制御層43の反対側に帰還させた側面図であり、光双安定機能、画像メモリー機能を有する空間光

変調器として動作可能なことを示す。第7図において、制御光42は後記する他の実施例でもかまわない。44,45はプリズム部材であり、まず被変調光42はプリズム部材45の入射面45Aから入射させた制御光(入力光)48によって変調を受ける。制御光42の動作としてここは先の2値化回路の動作とし、第2図のQR方向に順方向制御を行う場合で説明する。被変調光46の強度を予め2としておくと、制御光48の強度の閾値(例えば0.5)以上の所に対応する被変調光46の強度が2となる。制御光48は面45Bから入射させてもかまわない。次に被変調光42をプリズム部材44に設けたハーフミラー面44Aによって、例えば1:1に振幅分割し、半分を出力光47として透過出射させ、残りを帰還光48として反射帰還させる。帰還光48は全反射を繰り返させることで、制御光43の反対側43Aに像方向を一致させて帰還させ、この帰還光48によって被変調光42に変調を与える。帰還光48は制御光48と同様な閾値以上の2値(0,1)の強度分布を有

する。従って制御光48を取り去っても、被変調光42は元の制御光48の場合と同様の変調を受け続け、同様の出力光47が得られ続ける。すなわち、双安定機能を有する画像メモリーを実現できる。帰還光48はプリズム入射面45Aから48Aの方向に出射させ、迷光にならないようにする。

このようにして、制御光の強度増加に伴い全反射減衰量を減少させる全反射減衰制御手段と、反射面から出射した被変調光を出力光と帰還光に振幅分割するビームスプリッタと、帰還光を全反射減衰制御手段に導いて照射させる導光手段を設け、制御光を取り去った後にその強度分布に対応する強度分布を出力光に得ることができる。ここでいう対応とは必ずしも同じということではなく、特定の関係で対応づけられることも含める。

なお、本実施例の光変調の考え方をいけば、空間光変調器としてだけでなく、1本の光束(制御光)の総光量に応じて動作する単一の光変調器、光閾値素子、あるいは光双安定素子として構成でき、動作させられることはいうまでもない。

以上に述べてきたように本発明の第1の実施例では、離散的に配設した全反射減衰手段と、反射面の反対方向から照射する制御光の強度に応じて全反射減衰量を変化させる、離散的に配設した全反射減衰制御手段などを設ける。そして均質な媒体の界面において被変調光を全反射させ、エバネッセント波からの部分的エネルギー吸収により全反射を減衰させ、反射する被変調光に2次元の強度分布を与える。被変調光は、偏光作用を介さず直接的に振幅変化の空間分布を与えられ、均質な媒体だけを透過するため、屈折率の作用で波面を乱されることはない。

従って、従来の空間光変調器で液晶や電気光学結晶に被変調光が入り込むことによって生じていた、光の散乱、スペックルノイズ、あるいは収差の乱れといった悪影響は無くせる。また全反射現象を利用するため光の利用効率を高くでき、併せて表面プラズモンなどの作用により大きな全反射減衰状態が可能であり、高い振幅変調度が得られSN比の良好な空間光変調器を実現できる。さら

にアナログ的強度分布の制御光をもとに、振幅変調、離散分布変調、反転変調、2値化変調など種々の変調機能を可能とする。またディジタル的強度分布の制御光をもとに、否定、論理積、否定的論理積、論理和、否定的論理和の論理演算を行う2次元論理回路機能を可能とする。また光双安定機能、画像メモリー機能を備えた空間光変調器が実現できる。また電氣的に設定可能な電界強度によって全反射減衰量を変化させる全反射減衰制御手段や、全反射減衰量を一括して変化させる全反射減衰制御手段によって、制御光強度に対する全反射減衰量の増減量、増減方向、増減閾値を電氣的に設定可能にすることもできる。これにより機能切り換えの可能な多機能空間光変調器を実現できる。変調時や設定変更時のギャップ厚みの操作範囲は0.5~1 $\mu$ m程度の微小量であり、変位発生手段にとっては比較的高速の動作が可能となる。

なお、本実施例は第1図のように、離散的に設けた圧電素子27の変位が完全に分離できるためディジタル処理に適し、また透明電極25と光導

伝体層28とは連続膜として配設するため、制御光の散乱を防止できることも効果として付け加えておく。

第8図は本発明の空間変調器の第2の実施例を示す模式側面図である。連続的に配設した全反射減衰手段と、制御光の強度に応じて全反射減衰量を変化させる離散的に配設した全反射減衰制御手段などを設ける。全反射減衰制御手段の変位発生手段として、静電力によってギャップ厚みを可変する構成の空間光変調器である。

同図において、51は光学ガラスにて作られるプリズムであり、52は被変調光となるコヒーレントな平行光束である。53は光学ガラスにて作られるガラス基板であり、制御光54を入射させる。ガラス基板53には、離散的に配列した透明電極55、光導伝体層56、空隙57、およびSi基板などから作られる可換膜58と銀や銅などで作った対向電極59を設ける。対向電極59は連続的に設け、プリズム51の反射面51Aと対向させる。60,61はスペーサとなる所定厚みの膜

であり、プリズム51と対向電極59との間のギャップ厚みを設定する。透明電極55と対向電極59の間には電源Vにて所定の電圧を印加するが、この対向電極59への電圧は、スイッチング手段82により個別の印加も可能とする。

このような構成において、反射面51Aにて被変調光52を全反射させ、第1の実施例のようにエバネッセント波からエネルギーを部分的に吸収することにより、被変調光52に振幅変化の空間分布を与えることを行う。すなわち、制御光54の強度分布に応じて光導伝体層56の導電率を変化させ、発生する静電力により可換膜58と対向電極59をたわませ、反射面51Aと対向電極59の間のギャップ厚みを変化させる。そして第2図のATR曲線に従って全反射の減衰量を変化させ、被変調光52に変調を与えることができる。スイッチング手段82により、電気信号によって2次元的な振幅変調が可能なのは第1の実施例と同様である。

なお、可換膜58と対向電極59は膜強度と全

反射減衰条件を満足すれば、同一材料で一体化してもよい。また、ギャップを隔てて反射面51Aに銀などの金属膜を設けておいても、第2図のATR曲線の特性が得られる。その構成は第1の実施例では離散化した電極間で短絡する恐れがあり難しいが、本実施例であれば適用できる。また可換膜58を電極として通電し、対向電極59の代わりに光透過吸収膜として、第2図のFTR曲線を用いて変調を行うこともできる。また、第1の実施例に示したギャップ厚みを一括して制御する手段(第1図の圧電素子30,31)を本実施例にも設けてもよい。

以上のような第2の実施例では、連続的に配設した全反射減衰手段と、離散的に配設した全反射減衰制御手段を設けて、種々の空間光変調器を実現できる。機能に応じて、第1の実施例で説明したような種々の特性設定を行うが、いうまでもなく第1、第3、その他の実施例の構成と組み合わせることもできる。特に本実施例は、変位発生手段として静電力によってたわませる可換膜を設け

ることにより、たわみ形状を凹面や凸面にできる。これにより離散化された各ドットの大きさを変えような面積階調変調を光学的に与えることができるため、アナログ的画像の処理に適する。

第9図は本発明の第3の実施例を示す模式側面図であり、全反射減衰手段、全反射減衰制御手段とも連続的に設けた空間光変調器である。同図において、65はプリズムであり、66は被変調光となるコヒーレントな平行光束である。67はガラス基板であり、制御光68を入射させる。ガラス基板67には、連続的に設けた透明電極69、光導伝体層70、圧電材料層71、銀や銅などで作った対向電極72を設ける。対向電極72は、プリズム65の反射面65Aとギャップを介して対向させる。73,74はスペーサとなる所定厚みの膜であり、プリズム65と対向電極72との間のギャップ厚みを設定し、透明電極69と対向電極72の間には電源Vにて所定の電圧を印加する。

このような構成において、反射面65Aにて被変調光66を全反射させ、第1の実施例のようにエ

パネッセント波からエネルギーを部分的に吸収することにより、被変調光66に振幅変化の空間分布を与えることを行う。すなわち、制御光66の強度分布に応じて光導伝体層70の導電率を変化させ、発生する電界により圧電材料層71に部分的変位を生じさせ、反射面65Aと対向電極72の間のギャップ厚みを変化させる。そして第2図のATR曲線に従って、全反射の減衰量を変化させ、被変調光66に変調を与えることができる。また、第1の実施例に示したギャップ厚みを一括して制御する手段(第1図の圧電素子30,31)を本実施例にも設けてもよい。

このような第3の実施例では、連続的に全反射減衰手段と反射減衰制御手段を設けて、種々の空間光変調器を実現できる。いうまでもなく第1、第3、その他の実施例の構成と組み合わせることでもできる。特に本実施例は連続的に変位の分布を形成できるため、連続分布変調を与えることができ、アナログ的画像の処理に適する。

第10図は本発明の第4の実施例を示す模式側

面図であり、ギャップを無くした空間光変調器である。同図において、77はプリズムであり、78は被変調光となるコヒーレントな平行光束である。79は制御光、80は連続的に設けた透明電極、81は光導伝体層、82は電界強度に応じて屈折率が変化する電気光学材料層、83は銀や銅などで作った対向電極である。対向電極83は、反射面77Aと所定の厚みの絶縁体層84を介して対向させる。透明電極80と対向電極83との間には電源Vにて所定の電圧を印加する。このような構成において、反射面77Aにて被変調光78を全反射させ、エバネッセント波からのエネルギー吸収を部分的に変化することにより、被変調光78に振幅変化の空間分布を与えることを行う。すなわち、制御光79の強度分布に応じて光導伝体層81の導電率を変化させ、発生する電界により電気光学材料層82に屈折率変化を生じさせる。この場合、第2図のATR曲線が少しの屈折率変化によって変化するという現象を利用する。

このような第4の実施例では、全反射減衰制御

手段は電界によって屈折率を変化させる電気光学材料と、電気光学材料を挟んで配設した電極を設け、電極の一方は反射面の反対側にあつて、表面ポラリトンが発生させる全反射減衰手段として空間光変調器を実現できる。本実施例はギャップを無くせるので構成が簡単になり、また連続的に変位の分布を形成できるため、連続分布変調を与えることができアナログ的画像の処理に適する。

以下、本発明において制御光を用いない構成の空間光変調器の実施例を幾つか示しておく。第11図は本発明の第5の実施例を示す模式側面図である。同図において、86はプリズム、87は被変調光、88は絶縁性の基板、89は連続的に設けた電極、90は電界強度に応じて変位を発生する圧電素子、91は銀や銅などで作った対向電極である。対向電極91は、スペーサ92、93により、反射面86Aと所定の厚みのギャップを介して対向させる。電極89と対向電極91との間には電源Vにて所定の電圧を印加し、スイッチング手段94により個別の印加を可能とする。反射面

86Aにおいて被変調光87を全反射させ、エバネッセント波からのエネルギー吸収を部分的に変化することにより、強度の一樣な被変調光87に所望の強度分布を与えることを行う。また、被変調光87にディジタル的、あるいはアナログ的に強度分布を与えておき、電気信号によって形成した反射面86Aの反射率分布との並列乗算を行うといった使い方もできる。なお、圧電素子90の代わりに第2の実施例(第8図)のような静電力による変位発生手段、あるいはその他の変位発生手段を用いてもよい。いうまでもなく第3、第4など他の実施例における構成の一部を適用、あるいは組み合わせて用いることもできる。

このように第5の実施例では、難散的な全反射減衰手段(対向電極91)を設け、電気信号のみによって制御する空間光変調器を実現できる。基板88に光透過の必要性がなく、透明電極や光導伝体層も不要になるため、材料や製造プロセスの選択幅が広がる。また基板88を導電性金属とし電極89と一体にすることなども可能となる。

第12図は本発明の第6の実施例を示す模式側面図であり、第5の実施例と同じく制御光を用いない空間光変調器の別の実施例である。同図において、96はプリズム、97は被変調光、98は電界強度に応じて変位を発生する圧電材料基板、99は離散的に設けた電極、100は銀や銅などで作った対向電極である。対向電極100は、スペーサ101、102により、反射面96Aと所定の厚みのギャップを介して対向させる。電極99と対向電極100との間には電源Vにて所定の電圧を印加し、スイッチング手段103により個別の印加を可能とする。反射面96Aにおいて被変調光97を全反射させ、エバネッセント波からのエネルギー吸収を部分的に変化することにより、被変調光97に所望の強度分布を与えるなど、第5の実施例と同様な使い方ができる。

このように第6の実施例では、連続的な全反射減衰手段（対向電極100）を設け、電気信号のみによって制御できる空間光変調器を実現できる。透明電極や光導伝体層が不要になるため、材料や

ト波からの部分的エネルギー吸収により、被変調光107に特定の強度分布を与えられる。また先の印加電圧の制御により、一括して特定の2次元分布の振幅変調をかけるといった使い方もできる。

このような第7の実施例では、制御光や電気信号を用いることなく、基準パターンとするような特定の2次元パターンの振幅変調を与えることのできる空間光変調器を実現できる。この変調パターンは微細加工技術を用いて、複雑な形状を作ることが可能である。また圧電素子110、111によりギャップ厚みを微調整し易いため、変調パターン109の交換も容易である。

第14図は本発明の第8の実施例を示す模式側面図であり、第7の実施例と同じく制御光や電気信号を用いない空間光変調器の別の実施例である。同図において、121はプリズム、122は被変調光、123は絶縁性の基板、124は銀や銅などの薄膜で特定の分布を形成した変調パターン、125は銀や銅などの対向金属、126、127は電界強度に応じて変位を発生する圧電素子であり、

製造プロセスの選択幅が広がる。基板として圧電材料基板98を用いるなど簡素な構成が可能となり、圧電材料の代わりに電界によって屈折率の変化する電気光学結晶の基板を使用することもできる。

第13図は本発明の第7の実施例を示す模式側面図であり、制御光や電気信号を用いない空間光変調器である。同図において、108はプリズム、107は被変調光、108は絶縁性の基板である。108は凹凸による特定の分布を形成した変調パターンであり、銀や銅などの金属か光透過吸収材料で作り、第2図のATR曲線、FTR曲線に従って所望の反射率分布が得られるよう、ギャップ厚みの分布を形成する。110、111は電界強度に応じて変位を発生する圧電素子であり、電極112、113、および114、115によって電源V<sub>1</sub>、V<sub>2</sub>の所定の電圧を印加する。スペーサ116、117により、反射面108Aと所定の厚みのギャップを介して対向させる。反射面108Aにおいて被変調光107を全反射させ、エバネッセン

電極128、129および130、131によって電源V<sub>1</sub>、V<sub>2</sub>の所定の電圧を印加する。導電性のスペーサ132、133を介して、変調パターン124と対向金属124との間のギャップ厚みを所定に形成する。反射面121Aにおいて被変調光122を全反射させ、エバネッセント波からの部分的エネルギー吸収により、被変調光122に特定の強度分布を与えられる。

このような第8の実施例では、制御光や電気信号を用いることなく、基準パターンとするような特定の2次元パターンの振幅変調を与えることのできる空間光変調器を実現できる。本実施例では変調パターンはプリズム121に薄膜として形成でき、複雑な形状を作ることが可能である。

#### 発明の効果

以上のように本発明の空間光変調器によれば、従来の空間光変調器で液晶や電気光学結晶に被変調光が入り込むことによって生じていた、光の散乱、スペckルノイズ、あるいは収差の乱れといった悪影響は無くせる。また、全反射現象を利用

するため光の利用効率を高くでき、併せて表面プラリトンなどの作用により大きな全反射減衰状態を可能とする。そのため高い振幅変調度が得られ、SN比の良好な空間光変調器を実現できる。さらに、光学ガラスを用いて全反射面の形成が容易なことから、大口径化も行い易い。また、振幅変調、面積階調変調、離散分布変調、連続分布変調、反転変調、2値化変調など種々の変調機能を可能とする。さらに、否定、論理積、否定的論理積、論理和、否定的論理和の並列演算を行う多機能な論理回路、あるいは双安定機能を有する光メモリーとしての動作も可能とする。また、電気的に種々の機能を切り換えることが可能な多機能空間光変調器をも実現できる。

#### 4、図面の簡単な説明

第1図は本発明の空間光変調器における第1の実施例を示す模式側面図、第2図は全反射におけるエバネッセント波からのエネルギー吸収による反射率変化を示す特性図、第3図(a)、(b)は第1の実施例を適用した論理回路の動作説明に

調器を示す模式側面図である。

21…プリズム、21B…反射面、22…被変調光、23…ガラス基板、24…制御光、25…透明電極、26…光導伝体層、27,30,31…圧電素子、28…対向電極、29…スイッチング手段、32,33…スペーサ、35,38…制御光、37…プリズム、38…制御層、39…角錐プリズム、40…被変調光、42…被変調光、43…制御層、44,45…プリズム部材、44A…ハーフミラー面、46…制御光(入力光)、47…出力光、48…帰還光、51…プリズム、52…被変調光、53…ガラス基板、54…制御光、55…透明電極、56…光導伝体層、57…空隙、58…可撓膜、59…対向電極、60,61…スペーサ、62…スイッチング手段、65…プリズム、66…被変調光、67…ガラス基板、68…制御光、69…透明電極、70…光導伝体層、71…圧電材料層、72…対向電極、73,74…スペーサ、77…プリズム、78…被変調光、79…制御光、80…透明電極、81…光導伝体層、82

用いる模式側面図、第4図は第1の実施例による論理回路における圧電素子の変位-電界特性を示す特性図、第5図(a)から(f)は各論理回路の動作における入力光と出力光の強度関係を示す特性図、第6図(a)は第1の実施例においてプリズムの応用を示す模式側面図、同じく(b)は角錐プリズムの斜視図、第7図は第1の実施例を適用した光双安定機能、画像メモリー機能を有する空間光変調器を示す模式側面図、第8図は本発明の空間光変調器における第2の実施例を示す模式側面図、第9図は本発明の空間光変調器における第3の実施例を示す模式側面図、第10図は本発明の空間光変調器における第4の実施例を示す模式側面図、第11図は本発明の空間光変調器における第5の実施例を示す模式側面図、第12図は本発明の空間光変調器における第6の実施例を示す模式側面図、第13図は本発明の空間光変調器における第7の実施例を示す模式側面図、第14図は本発明の空間光変調器における第8の実施例を示す模式側面図、第15図は従来の空間光変

調器を示す模式側面図である。  
 …電気光学材料層、83…対向電極、84…絶縁体層、86…プリズム、87…被変調光、88…基板、89…電極、90…圧電素子、91…対向電極、92,93…スペーサ、94…スイッチング手段、96…プリズム、97…被変調光、98…圧電材料基板、99…電極、100…対向電極、101,102…スペーサ、103…スイッチング手段、106…プリズム、107…被変調光、108…基板、109…変調パターン、110,111…圧電素子、112~115…電極、116,117…スペーサ、121…プリズム、122…被変調光、123…基板、124…変調パターン、125…対向電極、126,127…圧電素子、128~131…電極、132,133…スペーサ。

代理人の氏名 弁理士 栗野重孝 ほか1名



- 21---プリズム
- 21A---入射面
- 21B---反射面
- 21C---出射面
- 22---被受光素
- 22A---出射光
- 23---ガラス基板
- 24---制御光
- 25---透明電極
- 26---光導伝体層
- 27, 30, 31---圧電素子
- 28---指向電極
- 29---スイッチング手段
- 32, 33---スペーサ

図 1

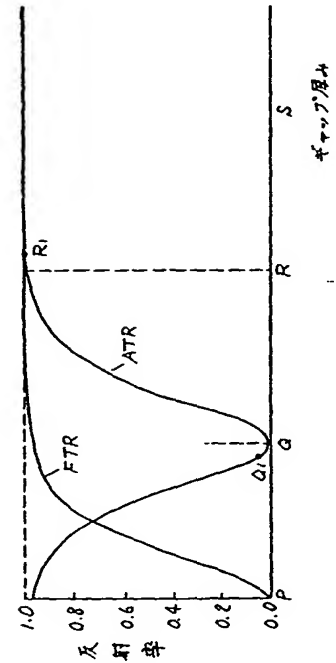
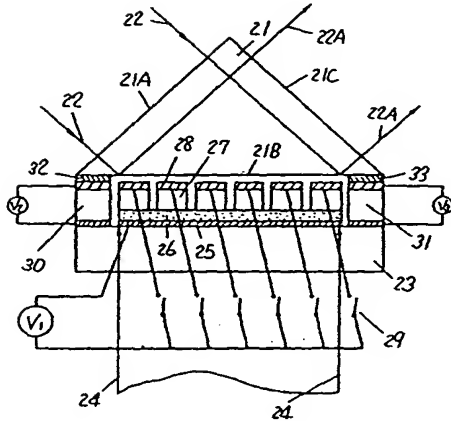


図 2

図 3

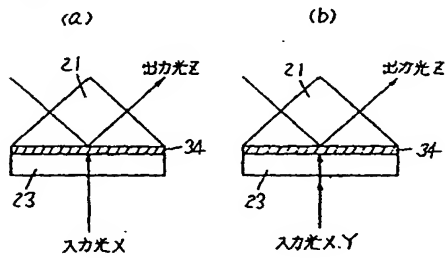


図 4

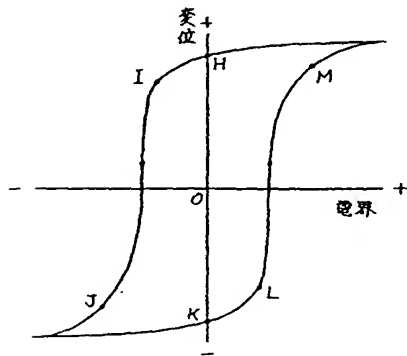
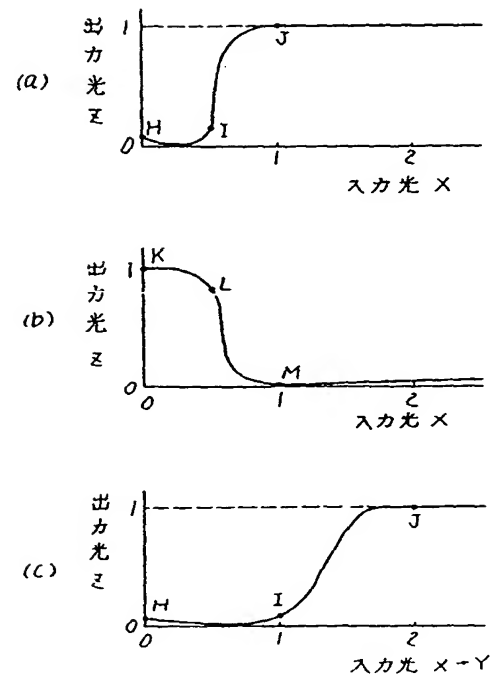
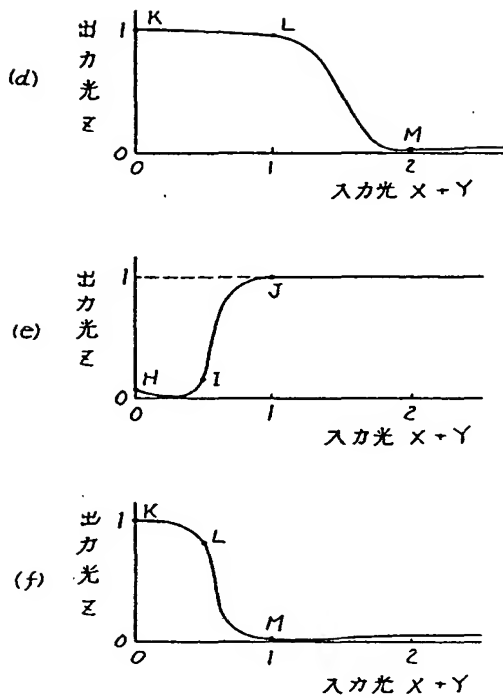


図 5

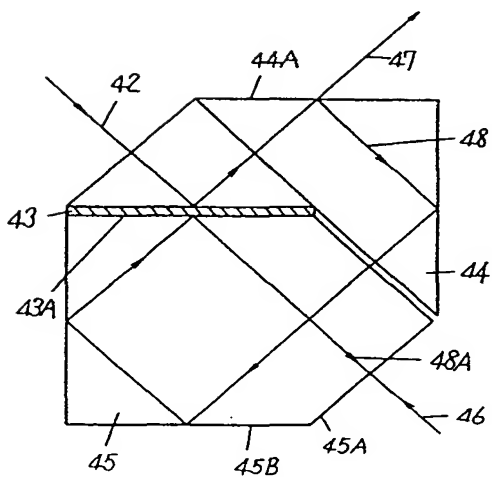


第 5 図



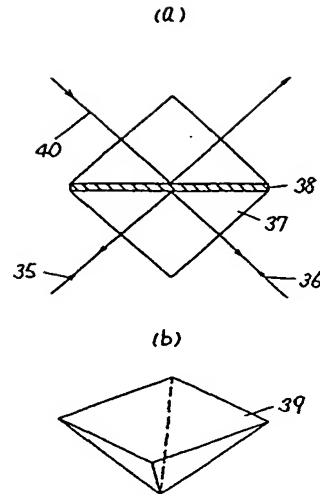
- 42 一板変調光
- 43 制御層
- 44, 45 プリズム部材
- 44A ハーフミラー面
- 46 制御光 (入力光)
- 47 出力光
- 48 帰還光

第 7 図



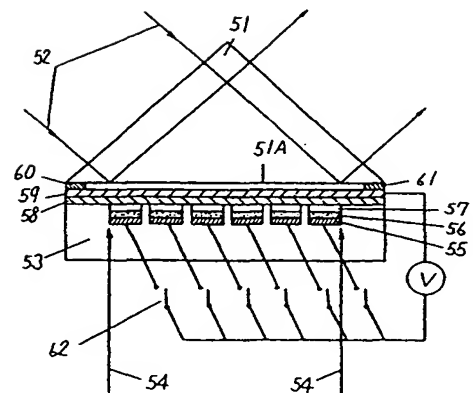
第 6 図

- 35, 36 制御光
- 37 プリズム
- 38 制御層
- 39 角錐プリズム
- 40 板変調光



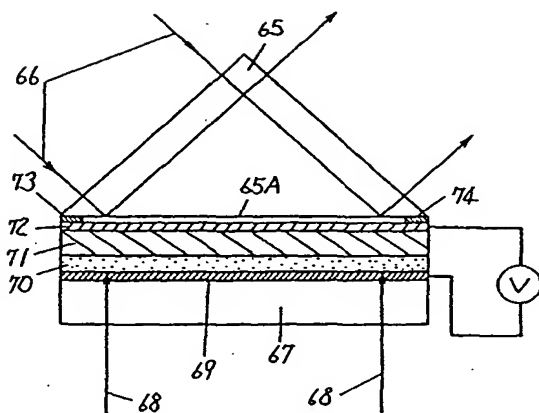
第 8 図

- 51 プリズム
- 51A 反射面
- 52 板変調光
- 53 ガラス基板
- 54 制御光
- 55 透明電極
- 56 光導伝体層
- 57 空層
- 58 可撓膜
- 59 封向電極
- 60, 61 スペース
- 62 スイッチング手段



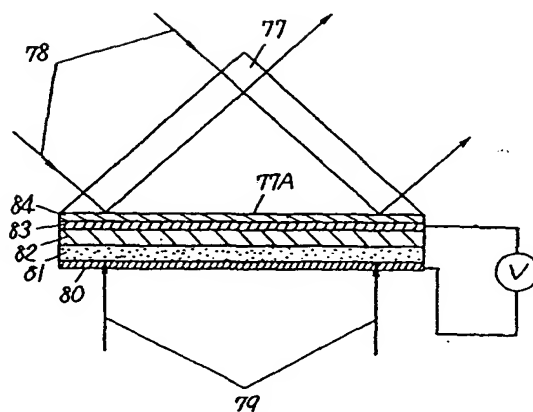
- 65 -- プリズム
- 65A -- 反射面
- 66 -- 板変調光
- 67 -- ガラス基板
- 68 -- 制御光
- 69 -- 透明電極
- 70 -- 光導伝体層
- 71 -- 圧電材料層
- 72 -- 対向電極
- 73, 74 -- スペース

第 9 図



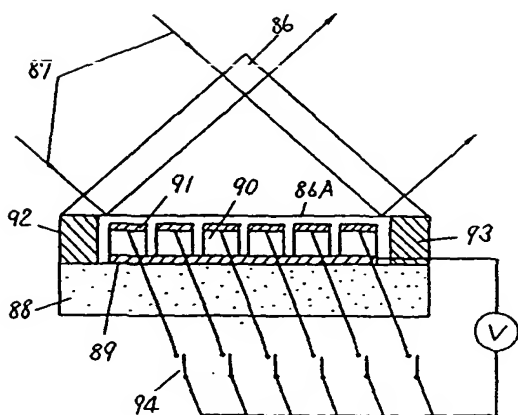
第 10 図

- 77 -- プリズム
- 77A -- 反射面
- 78 -- 板変調光
- 79 -- 制御光
- 80 -- 透明電極
- 81 -- 光導伝体層
- 82 -- 電気光学材料層
- 83 -- 対向電極
- 84 -- 絶縁体層



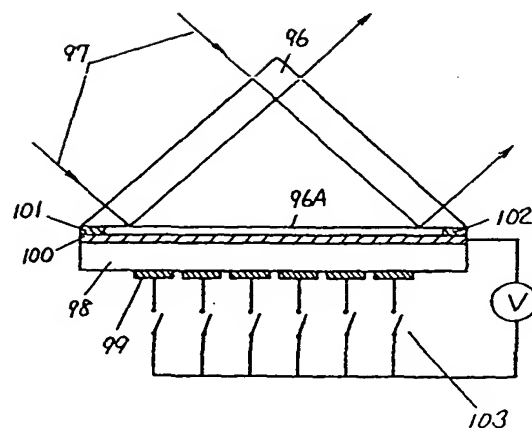
- 86 -- プリズム
- 86A -- 反射面
- 87 -- 板変調光
- 88 -- 基板
- 89 -- 電極
- 90 -- 圧電素子
- 91 -- 対向電極
- 92, 93 -- スペース
- 94 -- スイッチング手段

第 11 図



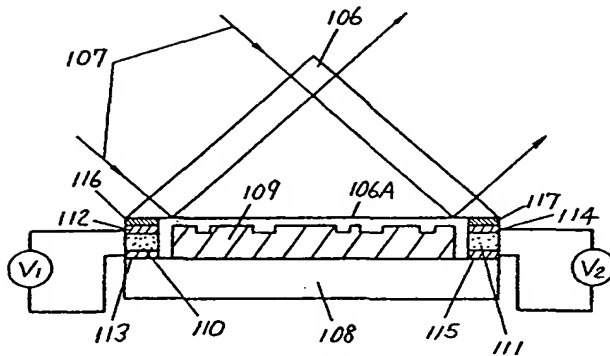
- 96 -- プリズム
- 96A -- 反射面
- 97 -- 板変調光
- 98 -- 圧電材料基板
- 99 -- 電極
- 100 -- 対向電極
- 101, 102 -- スペース
- 103 -- スイッチング手段

第 12 図



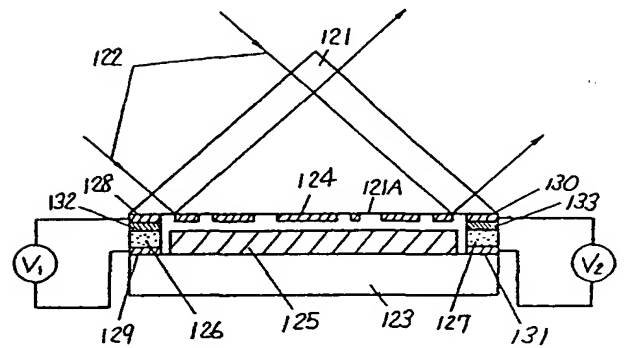
- 106 — プリズム  
106A — 反射面  
107 — 板交調光  
108 — 基板  
109 — 変調パターン  
110, 111 — 圧電素子  
112, 113, 114, 115 — 電極  
116, 117 — スペース

第 1 3 図



- 121 — プリズム  
121A — 反射面  
122 — 板交調光  
123 — 基板  
124 — 変調パターン  
125 — 対向電極  
126, 127 — 圧電素子  
128, 129, 130, 131 — 電極  
132, 133 — スペース

第 1 4 図



- 1 — 入力画像  
2 — 照明光源  
3 — 結像レンズ  
4, 11 — ガラス基板  
5, 10 — 透明電極  
6 — 光導伝体層  
7 — フィルタ  
8 — 結像光  
9 — 液晶  
12 — 板交調光  
13 — ダイクロイックミラー

第 1 5 図

